

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

108

Amend. water pressure

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07328855 A**

(43) Date of publication of application: 19 . 12 . 95

(51) Int. Cl.

B23P 17/00
B08B 3/10
C21D 7/06

(21) Application number: **06127670**(22) Date of filing: **09 . 06 . 94**(71) Applicant: **BABCOCK HITACHI KK HITACHI LTD**

(72) Inventor: **SATOU KAZUNORI**
MANABE FUMIO
KUROSAWA KOICHI

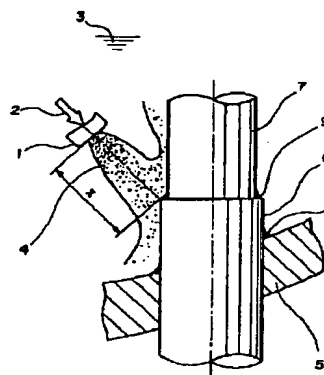
(54) **WATER JET PEENING METHOD**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To eliminate danger potential of stress corrosion cracking by changing a distance up to a work object surface of an underwater object from a cavitation jet nozzle which jets out an underwater high speed water jet according to water pressure around the high speed water jet.

CONSTITUTION: An optimal range exists at a standoff distance (x) between a nozzle 1 and a work point. The range of this standoff distance (x) is an area in which the impact pressure distribution with the second peak of jet impact pressure as the center becomes a gentle hill shape. When ambient water pressure P_{amb} (gauge pressure of unit kgf/cm^2) is raised, a standoff distance $[x(2p)]$ corresponding to this optimal range shifts to the upstream side (in the direction close to the nozzle 1). That is, in a nuclear reactor pressure vessel, the nozzle 1 is moved so as to approach the part as it becomes a large water depth part close to a bottom part. The ambient water pressure P_{amb} and the optimal standoff distance $[x(2p)]$ are univocally determined by an equation, and a position of the nozzle 1 is moved according to this equation.



$$0.5 \times (2P) \bullet - 0.37 P_{amb} < X < 1.5 \times (2P) \bullet - 0.37 P_{amb}$$

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-328855

(43) 公開日 平成7年(1995)12月19日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 P 17/00	A			
B 0 8 B 3/10	Z	2119-3B		
C 2 1 D 7/06	Z	8821-4K		

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-127670

(22) 出願日 平成6年(1994)6月9日

(71) 出願人 000005441
バブコック日立株式会社
東京都千代田区大手町2丁目6番2号
(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 佐藤 一教
広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立
株式会社呉研究所内
(72) 発明者 真鍋 二三夫
広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立
株式会社呉工場内
(74) 代理人 弁理士 武 願次郎

最終頁に続く

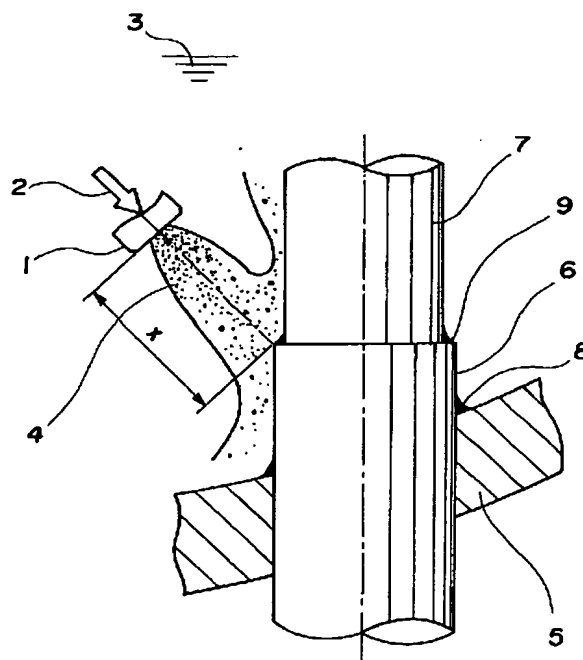
(54) 【発明の名称】 ウォータージェットピーニング法

(57) 【要約】

【目的】 周囲水、特にその圧力条件が変化しても、噴流のキャビテーションの現象を有効に活用できるウォータージェット法を提供する。

【構成】 キャビテーションを伴う水中高速水噴流を衝突させることにより、水中物体の残留応力改善、洗浄、掘削あるいは掘孔等の施工を行うウォータージェットピーニング法において、施工環境となる噴流周囲の水圧に応じて、ノズル出口と施工対象物間のスタンドオフ距離を変化させる。

【図1】



【特許請求の範囲】

【請求項1】 水中物体にキャビテーションを伴う水中高速水噴流を衝突させるウォータージェットピーニング法において、

前記水中高速水噴流を噴出するキャビテーションジェットノズルから水中物体の施工対象面までの距離を、その高速水噴流の周囲の水圧に応じて変化させることを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【請求項2】 請求項1記載において、前記キャビテーションジェットノズルと施工対象面との間が、当該キャビテーションジェットノズルから噴流の衝撃圧分布の2*

$$0.5 \times (2P)e^{-0.37Pamb} < X < 1.5 \times (2P)e^{-0.37Pamb} \quad (1)$$

式中 Pamb: 周囲水圧 (ゲージ圧, 単位 kgf/cm²)

X(2P): 大気圧下における第2ピークに相当するスタンドオフ距離

に基づいて設定することを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【請求項5】 請求項2記載において、前記周囲水の水面上から施工対象物までの水深を測定し、予め求めておいた水深と前記噴流衝撃圧分布の2番目の丘陵形状領域までのスタンドオフ距離との関係に基づいて、施工対象面に対するキャビテーションジェットノズルの位置決めを行うことを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、水中物体にキャビテーションを伴う水中高速水噴流を衝突させるウォータージェットピーニング法に係わり、特に高速水噴流の周囲圧の変わる環境下における加工対象面とノズル間の好適施工距離の決定技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】応力腐食割れ(SCC)を起こすポテンシャルのある構造物に対して、鋼球(ショット)を気流の勢いを借りて吹きつけるショットピーニングによる処理を行い、残留応力を引張方向から圧縮方向へと改善する。

【0003】このようなピーニング技術は、残留応力の除去対策として各種機械構造物あるいは部品加工時に広く用いられている。

【0004】しかし、このようなショットピーニング操作のできない環境でありながら、是非ともピーニングしなければならない構造物もある。その代表例が、軽水炉のように冷却水を張ったような特殊な大型熱交換器である。水を抜くことは難しい作業であるし、ショットの回収は不可能に近い。

【0005】鋼球の代わりに氷粒を用いれば(クライオブラストと呼ばれる)回収は不要であるが、経済的なメ

* 番目の丘陵形状領域までのスタンドオフ距離に相当していることを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【請求項3】 請求項2記載において、前記噴流衝撃圧の最大値の少なくとも0.75倍以上のレベルで衝撃圧が発生する領域を、2番目の丘陵形状領域として設定することを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【請求項4】 請求項2記載において、前記スタンドオフ距離xを、

【数1】

リットが出にくいし、施工部位が氷粒で急冷され、熱応力が発生する可能性や、局所的な低温脆性破壊(亀裂)が生じるおそれがある。

【0006】高速ウォータージェットの利用は、ユニークな加工、採鉱、あるいは洗浄技術として知られるが、これを表層応力改善に利用する試みが特開昭62-63614号公報に開示されている。水噴流によるピーニングは、水冷効果もあって、局所的な温度上昇を防げるというメリットもある。

【0007】しかし、これは水噴流の軸上動圧力を有効に利用できる大気(気相)中の作業であり、この技術을水中水噴流によるピーニングとしてそのまま適用できる保証はない。水中では噴流軸動圧力の減衰がかなり速い。これは周囲水の抵抗と同相であるがために噴流の拡散が速いことに起因する。水中で気相中噴流なみの軸上動圧力を得るためには、超高压が必要になり、コスト的にも大変不利な技術になってしまう。

【0008】一方、水中水噴流には、噴流と周囲水との剪断作用によるキャビテーションが発生する。キャビテーションをうまくコントロールして発生した気泡を効果的に利用できれば、あまり噴射圧力を高めずに(超高压ポンプを用いずに)、気相中水噴流なみの効果を上げることができると考えられる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】水中の高速水噴流には激しいキャビテーションが発生するが、このキャビテーション現象を原子炉構造物の残留応力改善に適用することが可能である。

【0010】このキャビテーション現象を図14に模式的に示す。

【0011】図14において、801はキャビテーションノズル、802は高压水、803は周囲水、804は液芯(コア)部、805はキャビテーションクラウド、

806は渦キャビテーション、807は気泡核を含む周囲水の流入、808は残存気泡である。

【0012】水中水噴流のキャビテーションから発生する衝撃圧の分布は、噴流の軸方向に対して、図12に示すように2つのピークを有する形状となる。このように、2山の分布となるのは、2つの異なる現象が重なり合うからである。

【0013】このメカニズムを図13とともに説明すれば、水中水噴流のキャビテーションから発生する衝撃圧の分布は同図に示すように、最初の第1ピーク（I）と、次の第2ピーク（II）とを有する。

【0014】ノズルの出口に近い第1ピークでは、噴流の中心に噴流の液芯（コア）部が残っており、この液芯部が伸び縮みして断続的に振動し、さらにこの液芯部の動きに連成して周囲のキャビテーションが発達する。

【0015】この第1ピークは形状が尖っており、第1ピークにおけるすそ野部までを含めたスタンドオフ距離（ノズル出口から噴流軸方向の任意点までの距離） x の範囲も、この現象に相当する部分の噴流を材料に衝突させると、材料の狭い部分にエネルギーが集中し、エロージョン（壊食）が生じるおそれがある。

【0016】一方、下流における第2ピークは、噴流界面の高速乱流剪断層における渦キャビテーションの発達が支配的な部分である。この第2ピークを中心とした領域は、衝撃圧の分布形状がなだらかなり、相当するスタンドオフ距離 x の範囲も広く、ノズルの精密な位置決めが不要であるというメリットがある。

【0017】実際の原子炉施工においては、エロージョンを防ぐ目的と、材料の広い面積をピーニングするために、この第2ピークの領域を使うのが好適といえる。ちなみに、前者の第1ピークでは、噴射圧力を下げるかもしくはノズルを小刻みに動かしてエロージョンの発生を防ぐ必要がある。

【0018】以上のような噴流から発生する衝撃圧の分布形状は、周囲水圧の影響を受ける。定期点検中の原子炉の底部には、原子炉のサイズや圧力容器上部のウエル部の水位にもよるが、 $2 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$ の静水圧が加わってくる。このように、冷却水の水圧が高い条件下では、水中水噴流に発生するキャビテーションの形態が異なってくる。まず、キャビテーション気泡の数が減少する。

【0019】これは、夥しい数だけある気泡の中で、脆弱な気泡が周囲水圧が高いために圧縮されて消滅してしまうためである。消滅せずに残った気泡は、パワフルであり、さらに余剰な気泡群による、いわゆるクッション効果も乏しくなるため、数少ない気泡であっても、十分なピーニングが可能になる。

【0020】一方、噴流のキャビテーションから発生する衝撃圧分布（噴流軸方向に対する）の形状も、周囲水圧によって変化する。

【0021】例えば、最も重要な変化は、2番目のピークが上流（ノズルへ近い方）へとシフトすることである。この特性は、高い周囲水圧下ほど、渦キャビテーションの発生、成長また消滅も、低圧下の場合に比べて早まる結果生じる。渦キャビテーションの挙動が周囲圧の影響を受けるのは、渦キャビテーションの発達ゾーンである噴流界面の乱流剪断層における乱れの状態（渦の大きさや渦の発生頻度等）が、周囲圧力により強く支配されるためである。

【0022】周囲水圧の影響を考慮せず、低圧下で求めた第2ピークおよびその近傍のスタンドオフ距離を最適施工条件として採用すれば、高圧下では、キャビテーションが消滅する噴流域に相当するため、ピーニング施工の有効領域からはずれ、ピーニングの効果が減少してしまう。

【0023】その結果、噴射衝突時間を長くしたり、噴射圧力を高めたりしなければならないなど、ピーニングの効率に係わる問題が多く生じるようになる。

【0024】本発明の目的は、上記した問題点を解決し、周囲水、特にその圧力条件が変化しても、噴流のキャビテーションの現象を有効に活用できるウォーターージェット法を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明においては、次のような手段を採用する。

【0026】基本的には、周囲水圧 P_{amb} の増大により、第2ピークを中心とする丘陵状衝撃圧分布形状域が噴射ノズルの出口に近づく特性に着目する。原子炉内冷却水の水面と加工部位間の距離、即ち、水深より、周囲水圧 P_{amb} を求め、予め求めておいた周囲水圧 P_{amb} と第2ピーク相当のスタンドオフ距離 $x(2p)$ の関係（後述）に基づいて、 $x(2p)$ を設定し、噴射ノズルの位置決めを行う。このように、施工条件を最適に設定することで、加工部位が水深方向に異なり周囲水圧が変化する場合においても、十分な残留応力の改善効果を上げることができる。

【0027】ちなみに、この第2ピークに関しては、スタンドオフ距離 x をピーク相当の位置 $x(2p)$ に厳密に定めるのではなく、 $x(2p)$ で求まる衝撃圧の最大値 $P_{sh}(Max)$ の少なくとも75%以上の大きさの衝撃圧が発生する領域、つまり、 $P_{sh} \geq P_{sh}(Max) \times 0.75$ （2）（図11に示す）

となるスタンドオフ距離の領域内に入るようにノズルを位置決めし、ピーニング施工に利用する。第2ピークに相当する2番目の丘陵状衝撃圧分布形状領域において、この分布形状はなだらかなり、前記（2）式を満足するスタンドオフ距離 x の範囲はかなり広い。

【0028】

【作用】周囲水圧 P_{amb} の高い環境下でノズルをWJP施工部位に近づけ、第2ピーク相当域 (P_{amb} が高いほどノズルに近づく) を中心とする2番目の丘陵状衝撃圧分布形状領域のスタンドオフ距離において、十分に発達したキャビテーション、特に材料に対して強い力学的効果をもたらす渦キャビテーションを利用することにより残留応力は十分に改善される。

【0029】このようにパワフルなキャビテーション気泡が材料の表面で急速に圧壊すると、強い衝撃圧が発生し、材料の結晶粒を押しつぶし、引張方向の残留応力を圧縮方向へと改善する。

【0030】この作用は、周囲水圧 P_{amb} が大気圧に近い場合、すなわち水面からみて浅い部位の施工の場合とほぼ同じである。

【0031】以上のような作用により、水中構造物を含む水中物体の如何なる水深の加工対象部をピーニングする場合も、部材表層の残留応力をSCC対策として必要なレベル (例えば、材料表面からの深さ $100\mu\text{m}$ の部分において圧縮方向応力を 60kgf/mm^2 以上) にまで改善することが可能になる。

【0032】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は、軽水炉底部におけるピーニング施工の具体化例を示すものである。

【0033】高压水2は、キャビテーションノズル1から炉内冷却水3中に高速で噴射され、キャビテーションを伴う水中水噴流4となる。この噴流4は、原子炉压力容器の底部における下鏡板5に貫通係止されたスタブチューブ6と、内管7との溶接部9に衝突する。噴流中に多量に生じているキャビテーション気泡の崩壊により発生する衝撃圧の作用により、この溶接部9を中心とするスタブチューブ6と内管7に生じている引張方向の引張残留応力が圧縮方向へと改善される。

【0034】ノズル1の位置を僅かに下方に平行移動するか、もしくはノズル1の傾きを僅かに鉛直に近い角度へと変化させるだけで、下鏡板5とスタブチューブ6との溶接部8に生じている残留応力の改善が可能である。

【0035】ノズル1と加工点とのスタンドオフ距離 x には、最適範囲が存在する。このスタンドオフ距離 x の範囲は、図12に示すように噴流衝撃圧 P_{sh} の2番目のピークを中心とする衝撃圧分布が緩やかな丘陵状の形となる領域である。この最適範囲に相当するスタンドオフ距離 x ($2p$) は、周囲水圧 P_{amb} が高くなると、図7に示すように、上流側 (ノズル1に近い方向) ヘシフトする。

【0036】即ち、原子炉压力容器において、底部に近い水深の大きな部位ほど、その部位に近づけるように、ノズル1を移動させる。周囲水圧 P_{amb} と最適スタンドオフ距離 x ($2p$) は、後述するように、実験式により一義的に定まっており、この式に応じてノズル1の位

置を移動させる。

【0037】このようにすることで、原子炉压力容器において、如何なる水深の部位であっても、十分に残留応力を改善することが可能になる。

【0038】図2は、点検のために停止し、上鏡板を取り除いた原子炉压力容器201において、冷却水203をはった状態で炉底部をウォータージェットピーニング施工する一例を示すものである。

【0039】この実施例では、ウエル204の上部まで冷却水203をはっている。このように大量の冷却水203を満たしているということは、冷却水203が遮蔽材になるため、作業者の被曝防止の観点から好ましい。ウエル204の上部には燃料交換台車206が配置され、この上にノズル208に高压水を供給するための高压ポンプ205が設置されている。

【0040】この高压ポンプ205から、高压水供給ライン207を通じて高压水が送られ、ノズル208から水中高速水噴流209が冷却水203中に噴射されて、炉底におけるWJP施工部位 (スタブチューブ) 202に衝突する。なお、図中の210は水封部である。

【0041】このような原子炉の炉底では、加工部位に大きな水頭静水圧が加わる。原子炉压力容器201の大きさにもよるが、図2に示す状況では、冷却水203からWJP施工部位 (スタブチューブ) 202までの水位 h_1 は約25m以上になり、炉底における静水圧は少なくとも 2kgf/cm^2 となる。

【0042】図3に示す実施例は、冷却水203の水位を、原子炉压力容器201における胴体部上端まで下げた実施例を示すものである。

【0043】この状況でも、炉底水圧は 1.5kgf/cm^2 になる。冷却水203の水位を下げれば、ノズル208を駆動するマニピレータの水力抵抗が少なく、施工は容易になる。

【0044】次に、噴流を作り出すために用いるキャビテーションノズルの形状について述べる。

【0045】図4は、高压水902をゆっくり減圧加速するため、径収縮部 (しぼり部) 904におけるしぼり角度 θ を小さくしたノズルの構造例である。

【0046】このノズルでは、減圧加速部が緩やかであるため、キャビテーションの発達は必ずしも十分ではないが、圧力損失が小さい。

【0047】なお、同図において、901はノズル本体、903は高压水供給流路、905は噴出孔、906は中心軸である。

【0048】図5には図4の例とは逆に、減圧加速部を急峻にしたキャビテーションノズルの構造例を示す。

【0049】このノズルは、直角に流路が収縮するため、急激な縮流が生じて、この縮流が気泡核生成のきっかけとなり、前記図4のノズルに比べるとキャビテーションが活発に生成する。しかしながら、圧力損失が大き

く、高圧ポンプの負担が増加する。

【0050】なお、同図において、1001はノズル本体、1002は高圧水、1003は高圧水供給流路、1004は噴出孔、1005は中心軸である。

【0051】図6は、噴出孔1105の出口に拡大空洞部1106を設けたノズルの構造例である。このノズルの特徴は、拡大空洞部1106内に生じる渦流の作用にある。この作用は、次のように大きく2つに分類できる。

【0052】(1) 拡大空洞部1106内の循環渦（渦流）が、噴出孔1105から噴出された直後の噴流に強い圧力変動を加える。この圧力変動が、キャビテーション気泡核の励起や気泡の成長を促進する。

【0053】(2) 同じように、循環渦の作用により、噴流の周囲に浮遊する気泡核が、拡大空洞部1106内において噴流の上流側、即ち、噴出孔1105の出口側へ逆流する。このようにして気泡核は、いわゆる周囲核（Ambient nuclei）として噴流中へ断続的に供給され、噴流に発生するキャビテーションは著しく活発なものとなる。

【0054】なお、同図において、1101はノズル本体、1102は高圧水、1103は高圧水供給流路、1104は径収縮部（しぼり部）、1107は中心軸である。

【0055】図11は、噴流軸方向のスタンドオフ距離（ノズルの出口からの距離）xに対する噴流から発生する衝撃圧Pshの分布形状を模式的に示したものである。

【0056】この図から明らかなように、衝撃圧Pshの分布形状は、2つのピークを有する大変特徴的なものである。

【0057】ノズルの噴出孔に近い最初の第1ピークの*

$$\frac{X(2P)}{X(2P)^*} = e^{-0.37P_{amb}} \dots\dots\dots (3)$$

【0063】ここにx(2p)*は、大気圧下つまり浅い水面下の場合における第2ピーク相当のスタンドオフ距離を表す。

【0064】実際のピーニング施工では、このピークポイントのみを選び、ノズルを精密に位置決めするという方法は採用せず、図11に示すように、第2ピークを前後する幅広い領域のスタンドオフ距離を採用する。

【0065】この領域は、第2ピークにおける最大衝撃※

$$\frac{X(2P)}{X(2P)^*} = e^{-0.37P_{amb}} \times (0.5 \sim 1.5) \dots\dots\dots (5)$$

【0068】となる。

【0069】従って実際の施工では、水深と水温から求める水の密度に基づき、周囲水圧Pambを評価し、前記(5)式を満足する範囲において、ノズルと加工面間

*形状は鋭く尖っており、スタンドオフ距離xの狭い領域に発生する。この第1ピーク発現のメカニズムは、噴出孔から噴出した直後の噴流における液芯（コア）の断続的振動と、これに連成して発達するキャビテーションの相互作用にある。下流の第2ピークは、ゆるやかな丘陵形状をしており、相当するスタンドオフ距離xの範囲もかなり広い。

【0058】この第2ピークは、噴流界面の乱流剪断層内で成長する渦キャビテーションの発達によって生じたものである。一般に、第2ピークを中心とする領域は、加工面に衝突する際に、噴流の衝突エネルギーが分散するため、広い面積の部分の加工が可能になる。エネルギーの分散があるため、加工面に壊食は起こりにくく、残留応力改善の効果のみが生じる。

【0059】これに対し第1ピークは、狭い部分に噴流の衝突エネルギーが集中するため、壊食を起こすおそれがある。従って、狭隘部の施工等で、どうしてもノズルを離すことができず、第1ピークの領域を使う場合には、ノズルを小刻みに動かしたり、噴射圧力を下げる等の工夫が必要になる。

【0060】これらの噴流衝撃圧のピークは、周囲水圧Pambの影響を強く受けて、図示するようにPambに依存して移動する。即ち、周囲水圧Pambが高まると、実線で示すように両ピーク特にピーニング施工にとって重要な第2ピークに相当するスタンドオフ距離x(2p)が上流側へシフトする。

【0061】周囲水圧Pamb（ゲージ、単位kgf/cm²）と第2ピーク相当のスタンドオフ距離x(2p)の関係を表すと、

【0062】
【数2】

※圧をPsh(Max)とすれば、
Psh > 0.75 × Psh(Max) (4)
の条件にほぼ相当する。

【0066】これに基づき、x(2p)を、これを中心とする周辺範囲で表現するように(3)式を修正すれば、

【0067】
【数3】

のスタンドオフ距離を設定すればよい。

【0070】図8、図9は、周囲水圧Pambが低い場合と、高い場合の現象を示したものである。これらの図において、401はノズル、402は高圧水、403は

キャビテーションクラウド、404は渦キャビテーションである。

【0071】周囲水圧 P_{amb} が低い場合には図8に示すように、キャビテーションクラウド403が大きく膨張する。これに対して、周囲水圧 P_{amb} が高い場合には図9に示すように、水中において、脆弱な気泡が潰れて消滅するため、キャビテーションクラウド403は細く短い。

【0072】このように、周囲水圧 P_{amb} が高い場合には、キャビテーション全体が縮小する。周囲水圧 P_{amb} は、気泡の消滅挙動以外にも、気泡の運動形態に影響を及ぼす。従って周囲水圧 P_{amb} が高ければ、気泡の運動に対して流動抵抗が大きくなり、気泡の周囲水中への拡散が乏しく、キャビテーションの広がりが見掛け上小さくなる。

【0073】図10は、周囲水圧に対する衝撃圧分布における第2ピーク相当スタンドオフ距離の変化をまとめて示した特性図である。図中の斜線の部分がピーニング施工領域に相当し、周囲水圧の違いによって第2ピーク相当スタンドオフ距離が片対数図上でほぼ比例関係的に変化する。

【0074】水深、言い換えれば周囲水圧に応じて、スタンドオフ距離、噴射圧力あるいは噴射衝突時間を変化させる本発明に係る技術は、ここまで実施例として取り上げて説明してきた軽水炉施工にとどまらず、適用範囲は広い。

【0075】例えば、海水中あるいは湖水中底部の岩盤の掘削や屈孔施工、もしくは水中鋼構造物の切断や洗浄施工へ直接応用することができる。

【0076】さらに、ドックの水中において船舶底部の付着物洗浄作業や溶接部のピーニング施工に適用することができる。船舶に限らず、本発明のようにウォータージェットピーニングを水中で行えば、水滴飛沫や高周波騒音の発生を防止することができるという効果もある。

【0077】

【発明の効果】本発明による効果をまとめると以下のようになる。

【0078】(1) ウォータージェットピーニングを効果的に実施できるようになる。これによって、水中物体の残留応力が改善されるので、応力腐食割れ(SCC)の危険ポテンシャルが除去され、さらに疲労強度が向上する。従って、水中物体の構造信頼性や耐久性が向上し、寿命を拡大できるようになる。

【0079】(2) 水深の異なる部位のWJP施工を含 *

* 理的に行えるために、施工時間を大幅に短縮できる。これによって、WJPの施工コストを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る水中におけるウォータージェットピーニングの施工状態を示す模式図である。

【図2】本発明の実施例に係る軽水炉の水深下におけるウォータージェットピーニングの施工状態を示す模式図である。

【図3】本発明の実施例に係る軽水炉の水深下におけるウォータージェットピーニングの施工状態を示す模式図である。

【図4】本発明のウォータージェットピーニングに使用するノズル構造の一例を示す断面図である。

【図5】本発明のウォータージェットピーニングに使用するノズル構造の他の例を示す断面図である。

【図6】本発明のウォータージェットピーニングに使用するノズル構造のさらに他の例を示す断面図である。

【図7】周囲水圧により、水中水噴流から発生する衝撃圧分布形状が変化する様子を示す説明図である。

【図8】周囲水圧が低い場合の周囲水圧とキャビテーションの状況の関係を示す模式図である。

【図9】周囲水圧が高い場合の周囲水圧とキャビテーションの状況の関係を示す模式図である。

【図10】周囲水圧に対する衝撃圧分布における第2ピーク相当スタンドオフ距離の変化をまとめた説明図である。

【図11】第2ピークの位置を中心とする衝撃圧分布の丘陵領域を定義する説明図である。

【図12】水中水噴流のキャビテーションから発生する衝撃圧分布の形状を示す説明図である。

【図13】水中水噴流のキャビテーションから発生する衝撃圧分布の形状を示す説明図である。

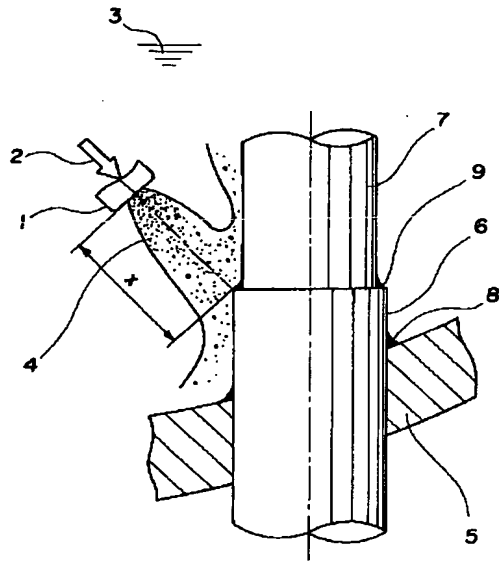
【図14】水中水噴流に発生するキャビテーションの様相を示す模式図である。

【符号の説明】

- 1 ノズル
- 2 高圧水
- 3 炉内冷却水
- 4 キャビテーションを伴う水中水噴流
- 5 下鏡板
- 6 スタブチューブ
- 8 溶接部
- 9 溶接部

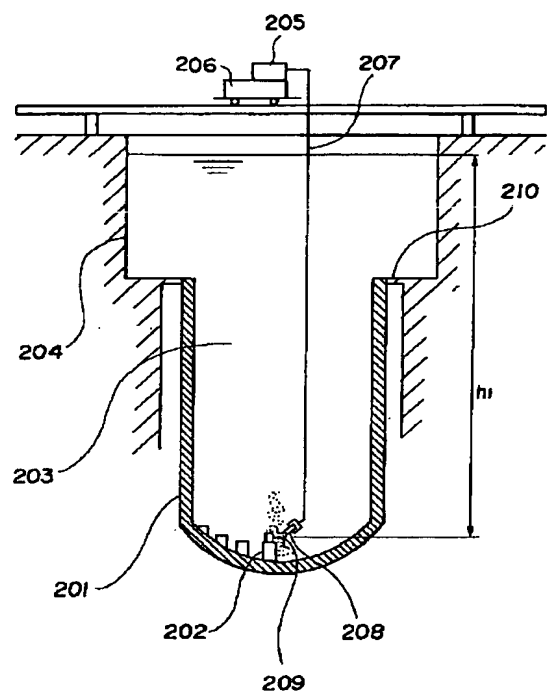
【図 1】

【図 1】



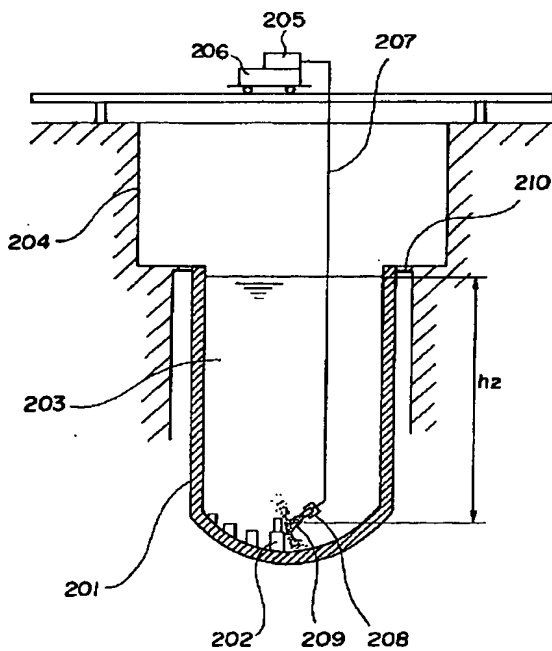
【図 2】

【図 2】



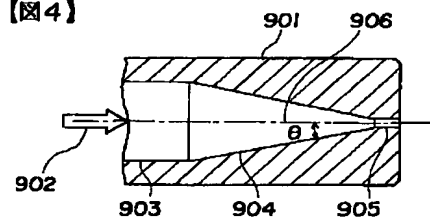
【図 3】

【図 3】



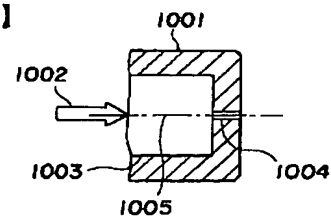
【図 4】

【図 4】



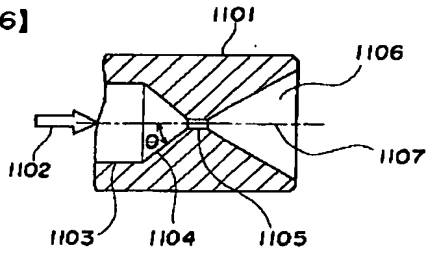
【図 5】

【図 5】



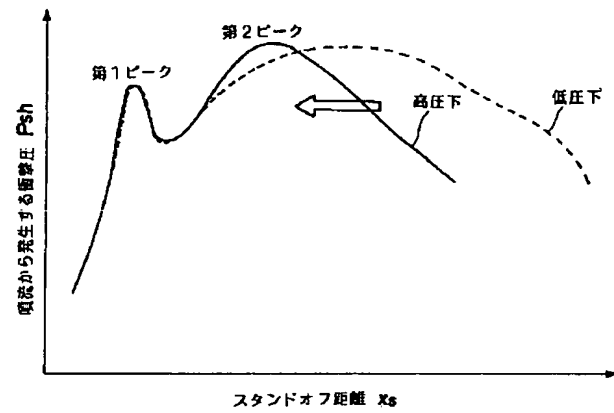
【図6】

【図6】



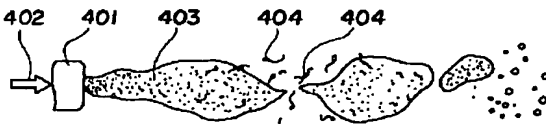
【図7】

【図7】



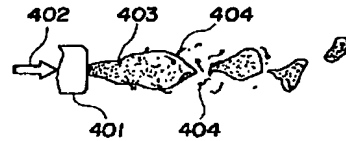
【図8】

【図8】



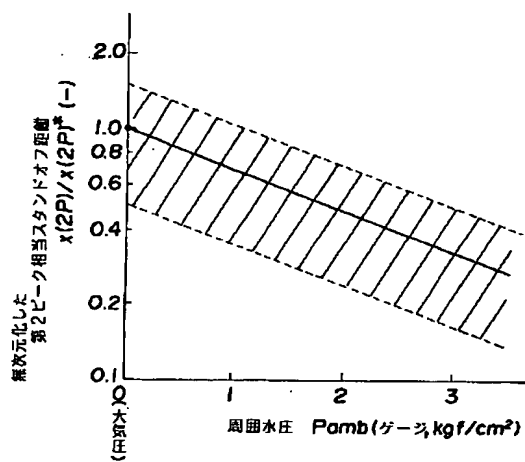
【図9】

【図9】



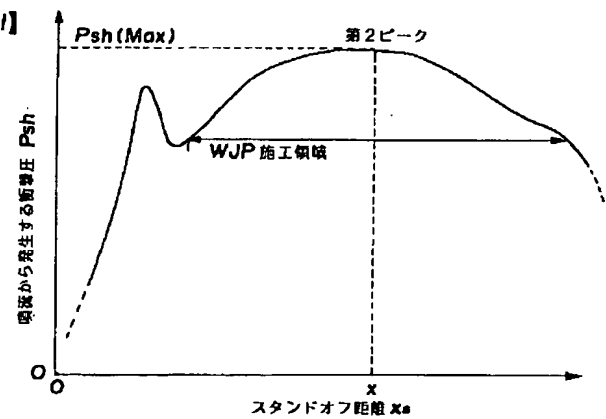
【図10】

【図10】

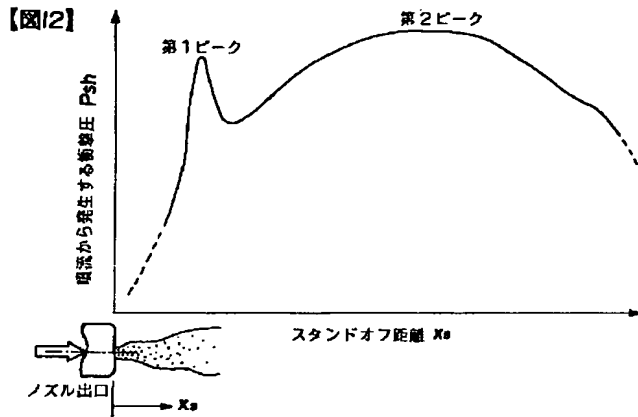


【図11】

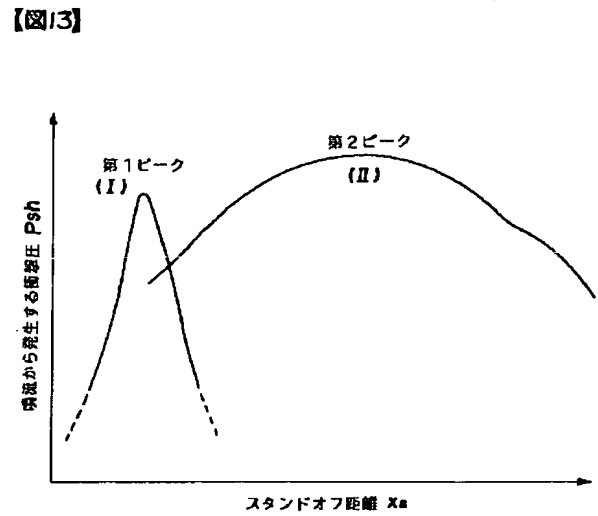
【図11】



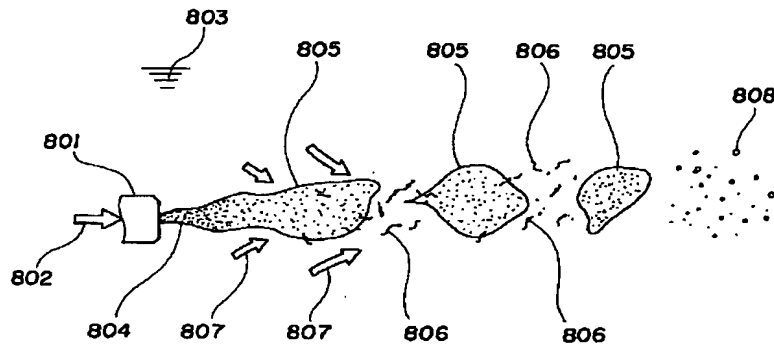
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 黒沢 孝一
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the determination technology of the field for processing under the environment which changes ***** of a high-speed water jet to an underwater body especially with respect to the water jet peening method make the underwater high-speed water jet accompanied by cavitation collide, and the suitable construction distance between nozzles.

[0002]

[Description of the Prior Art] Processing by shot peening which borrows a shot (shot) and sprays the vigor of an air current is performed to the existing potential structure which starts stress corrosion cracking (SCC), and residual stress is improved in the compression direction from ****.

[0003] Such peening technology is widely used as a cure against removal of residual stress at the time of the various machine structures or part processing.

[0004] However, though it is the environment which cannot perform such shot-peening operation, there is also the structure which must surely carry out a peening. The example of representation is the special large-sized heat exchanger which stretched cooling water like a light water reactor. It is difficult work to drain water and recovery of a shot is next to impossible.

[0005] although recovery is unnecessary if a ice grain is used instead of a shot (an air conditioner -- Io -- called a blast), it is hard to come out of an economical merit, and quenches a construction part by the ice grain, and there are possibility that thermal stress will occur, and a possibility that local cold-brittleness destruction (crack) may arise

[0006] Although use of a high-speed water jet is known as unique processing, mining, or washing technology, the attempt which uses this for a surface stress improvement is indicated by JP,62-63614,A. The peening by the water jet has the water-cooled effect, and also has the merit that a local temperature rise can be prevented.

[0007] However, this is the work in the atmosphere (gaseous phase) which can use the shaft top dynamic pressure of a water jet effectively, and there is no guarantee which can apply this technology as it is as a peening by the underwater water jet. Underwater, attenuation of jet shaft dynamic pressure is quite quick. This originates in the diffusion of jet being quick hard [slight resistance of circumference water and hard / slight / in phase]. In order to obtain about the same shaft top dynamic pressure as the jet in a gaseous phase underwater, extra-high voltage will be needed and it will become very [in cost] disadvantageous technology.

[0008] On the other hand, in an underwater water jet, the cavitation by shearing operation with a jet and circumference water occurs. If the foam which controlled cavitation well and was generated can be used effectively, it will be thought that about the same effect as a gaseous-phase Nakamizu jet can be raised (** which does not use an extra-high voltage pump) without seldom heightening an injection pressure.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although intense cavitation occurs in an underwater high-speed water jet, it is possible to apply this cavitation phenomenon to the residual-stress improvement of

the reactor structure.

[0010] This cavitation phenomenon is typically shown in drawing 14 .

[0011] As for a cavitation nozzle and 802, in drawing 14 , 801 is [the inflow of the circumference water with which in circumference water and 804 a cavitation cloud and 806 include eddy cavitation and, as for 807, the **** (core) section and 805 include / high-pressure water and 803 / a cellular nucleus, and 808] residual foams.

[0012] The distribution of the impact pressure generated from the cavitation of an underwater water jet serves as a configuration which has two peaks as shown in drawing 12 to the shaft orientations of a jet. Thus, it becomes a distribution of two mountains because two different phenomena overlap.

[0013] If this mechanism is explained with drawing 13 , the distribution of the impact pressure generated from the cavitation of an underwater water jet has the first peak [1st] (I) and the 2nd following peak (II), as shown in this drawing.

[0014] At the 1st peak near the outlet of a nozzle, the **** (core) section of a jet remains in the center of a jet, and this liquid core part expands and contracts, it vibrates intermittently, a manifold type is further carried out to the movement of this liquid core part, and surrounding cavitation progresses.

[0015] The configuration is sharp, and if the jet of the portion in which the range of the mating-standoff distance (distance from a nozzle outlet to the any selected point of jet shaft orientations) x even including the foot section in the 1st peak is also equivalent to this phenomenon is made to collide with material, energy will concentrate on the narrow portion of material, and this 1st peak has a possibility that erosion (erosion-corrosion) may arise.

[0016] On the other hand, the 2nd peak in a lower stream of a river is a portion with dominant development of the eddy cavitation in the high-speed turbulent flow shearing layer of a jet interface. The field centering on this 2nd peak has the gently-sloping distribution configuration of an impact pressure, and its range of the corresponding mating-standoff distance x is also wide, and it has the merit that precise positioning of a nozzle is unnecessary.

[0017] In actual reactor construction, in order to carry out the peening of the latus area of material to the purpose which prevents erosion, it can be said that it is suitable to use the field of this 2nd peak. Incidentally, it is necessary to lower an injection pressure, or to move a nozzle gradually, and to prevent generating of erosion at the 1st former peak.

[0018] The distribution configuration of the impact pressure generated from the above jets is influenced of circumference water pressure. the pars basilaris ossis occipitalis of the reactor under periodic check -- the size of a reactor, and the well of the pressurized-container upper part -- although based also on the water level of the section -- 2 - 3 kgf/cm² Hydrostatic pressure is added. Thus, under the conditions that the water pressure of cooling water is high, the gestalten of the cavitation generated in an underwater water jet differ. First, the number of cavitation foams decreases.

[0019] This is for compressing only an abundant number, since a brittle foam has high circumference water pressure, and disappearing in a certain foam. Sufficient peening becomes possible, even if it is a few foams, since the so-called cushion effect by the cellular group [that the foam which remained without disappearing is powerful, and still surplus] also becomes scarce.

[0020] On the other hand, the configuration of the impact-pressure distribution (as opposed to jet shaft orientations) generated from the cavitation of a jet also changes with circumference water pressure.

[0021] For example, the most important change is that the 2nd peak shifts to the upstream (direction [it is near to a nozzle]). This property is produced as a result of the bottom of high circumference water pressure being rash also in generating of eddy cavitation, growth, and disappearance compared with the case under low voltage. The behavior of eddy cavitation is influenced of *****, because the states (a vortical size, vortical generating frequency, etc.) of the disorder in the turbulent flow shearing layer of the jet interface which is the development zone of eddy cavitation are strongly governed by the ambient pressure.

[0022] Under high pressure, if the 2nd peak searched for under low voltage and the mating-standoff distance of the near are adopted as optimal construction conditions regardless of the influence of circumference water pressure, since it is equivalent to the jet region where cavitation is extinguished, it

will separate from the effective field of peening construction, and the effect of a peening will decrease.

[0023] Consequently, the problem concerning the efficiency of a peening -- injection collision time must be lengthened or an injection pressure must be heightened -- comes to arise mostly.

[0024] The purpose of this invention solves the above-mentioned trouble, and is to offer circumference water and the water jet method the phenomenon of the cavitation of a jet is effectively utilizable even if especially the flow and pressure requirement changes.

[0025]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the following meanses are adopted in this invention.

[0026] Fundamentally, its attention is paid to the property that the hill-like impact-pressure distribution configuration region centering on the 2nd peak approaches the outlet of an injection nozzle, by increase of the circumference water pressure P_{amb} . Based on the relation (after-mentioned) between the circumference water pressure P_{amb} for which asked for the circumference water pressure P_{amb} and it asked beforehand, and the mating-standoff distance x (2p) of the 2nd peak, x (2p) is set up and an injection nozzle is positioned from the water surface of the cooling water in a reactor and the distance between processing parts, i.e., depth of water. Thus, when processing parts differ in the depth-sounding direction and circumference water pressure changes, the improvement effect of sufficient residual stress can be raised by setting up construction conditions the optimal.

[0027] The field which the impact pressure of at least 75% or more of size of the maximum $P_{sh}(\text{Max})$ of the impact pressure which does not set the mating-standoff distance x to the position x (2p) of a peak strictly about this 2nd peak, but can incidentally be found in x (2p) generates, i.e., $P_{sh} \geq P_{sh}(\text{Max}) \times 0.75$, (2) (shown in drawing 11)

A nozzle is positioned so that it may enter in the field of the becoming mating-standoff distance, and it uses for peening construction. The ranges of the mating-standoff distance x with which this distribution configuration is gently-sloping and it is satisfied of the aforementioned (2) formula in the 2nd hill-like impact-pressure distribution configuration field equivalent to the 2nd peak are quite latus.

[0028]

[Function] Bringing a nozzle close to a WJP construction part under the environment where the circumference water pressure P_{amb} is high, residual stress fully improves by using the cavitation which fully progressed, especially the eddy cavitation which brings about a strong dynamic effect to material in the mating-standoff distance of the 2nd hill-like impact-pressure distribution configuration field centering on a region (a nozzle is approached, so that P_{amb} is high) by the 2nd peak.

[0029] Thus, if a powerful cavitation foam collapses quickly on the surface of material, a strong impact pressure will occur, the crystal grain of material will be crushed, and the residual stress of the **** direction will be improved in the compression direction.

[0030] This operation is almost the same as the case of construction of a shallow part seen from the water surface, when the circumference water pressure P_{amb} is close to atmospheric pressure.

[0031] the case where the peening of the section for processing of what depth of water of the underwater body containing the underwater structure is carried out by the above operations -- a member -- it becomes possible to improve surface residual stress even on level (for example, setting into a portion with a depth [from a material-list side] of 100 micrometers the compression direction stress more than 60 kgf(s)/mm²) required as a cure against SCC

[0032]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing. Drawing 1 shows the example of embodiment of the peening construction in a light water reactor pars basilaris ossis occipitalis.

[0033] High-pressure water 2 is injected in the cooling water 3 in a furnace at high speed, and serves as the underwater water jet 4 accompanied by cavitation from the cavitation nozzle 1. This jet 4 collides with the lower end plate 5 in the pars basilaris ossis occipitalis of a reactor pressure vessel at the weld zone 9 of the stub tube 6 by which the penetration stop was carried out, and an inner tube 7. The **** residual stress of the **** direction produced in the stub tube 6 and an inner tube 7 centering on this

weld zone 9 is improved in the compression direction by operation of the impact pressure generated by decay of the cavitation foam produced so much in the jet.

[0034] An improvement of the residual stress which the parallel displacement of the position of a nozzle 1 was carried out caudad slightly, or the inclination of a nozzle 1 was only changed to the perpendicularly near slightly angle, and has been produced in the weld zone 8 of the lower end plate 5 and the stub tube 6 is possible.

[0035] The optimal range exists in the mating-standoff distance x of a nozzle 1 and a processing point. The range of this mating-standoff distance x is a field where an impact-pressure distribution centering on the 2nd peak of the jet impact pressure P_{sh} serves as a form of the shape of a loose hill, as shown in drawing 12. If the circumference water pressure P_{amb} becomes high, the mating-standoff distance x ($2p$) equivalent to this optimal range will be shifted to an upstream (direction near a nozzle 1) as shown in drawing 7.

[0036] That is, in a reactor pressure vessel, a nozzle 1 is moved so that a part with the bigger depth of water near a pars basilaris ossis occipitalis may be brought close to the part. The circumference water pressure P_{amb} and the optimal mating-standoff distance x ($2p$) have become settled uniquely by the empirical formula, and move the position of a nozzle 1 according to this formula so that it may mention later.

[0037] It becomes possible to fully improve residual stress also by **** by the part of what depth of water in a reactor pressure vessel by doing in this way.

[0038] Drawing 2 stops for check and an example which carries out water jet peening construction of the bottom section in the state where it crawled on cooling water 203 is shown in the reactor pressure vessel 201 which removed the upper end plate.

[0039] In this example, it has crawled on cooling water 203 to the upper part of a well 204. Thus, since cooling water 203 becomes a shielding material, it is desirable from a viewpoint of contamination prevention of an operator to fill a lot of cooling water 203. The fuel exchange truck 206 is arranged at the upper part of a well 204, and the high pressure pumping 205 for supplying high-pressure water to a nozzle 208 is installed on this.

[0040] From this high pressure pumping 205, high-pressure water is sent through the high-pressure water supply line 207, the underwater high-speed water jet 209 is injected in cooling water 203 from a nozzle 208, and it collides with the WJP construction part (stub tube) 202 in a blast furnace bottom. In addition, 210 in drawing is the water-seal section.

[0041] In the blast furnace bottom of such a reactor, big water head hydrostatic pressure joins a processing part. In the situation shown in drawing 2 although based also on the size of a reactor pressure vessel 201, it is the water level h_1 from cooling water 203 to the WJP construction part (stub tube) 202. Hydrostatic pressure [in / a blast furnace bottom / it is set to about 25m or more, and] is 2 kgf/cm² at least. It becomes.

[0042] The example shown in drawing 3 shows the example which lowered the water level of cooling water 203 to the fuselage section upper limit in a reactor pressure vessel 201.

[0043] Also in this situation, blast furnace bottom water pressure is 1.5 kgf/cm². It becomes. If the water level of cooling water 203 is lowered, there will be little water resistance of the manipulator which drives a nozzle 208, and construction will become easy.

[0044] Next, the configuration of the cavitation nozzle used in order to make a jet is described.

[0045] Drawing 4 is the example of structure of the nozzle in the path contraction section (extracting section) 904 which extracted and made the angle θ small in order to carry out the reduced pressure acceleration of the high-pressure water 902 slowly.

[0046] Pressure loss is small, although this nozzle is not necessarily enough as development of cavitation, since the reduced pressure acceleration section is loose.

[0047] in addition, this drawing -- setting -- 901 -- a nozzle body and 903 -- a high-pressure water feeder current way and 905 -- jet -- a hole and 906 are medial axes

[0048] The example of structure of the cavitation nozzle which made the reduced pressure acceleration section steep is conversely indicated to be the example of drawing 4 to drawing 5.

[0049] Since passage contracts right-angled, a rapid contracted vein arises, this contracted vein serves as a cause of a cellular nucleation, and cavitation generates this nozzle actively compared with the nozzle of aforementioned drawing 4 . However, pressure loss is large and the burden of high pressure pumping increases.

[0050] in addition, this drawing -- setting -- 1001 -- a nozzle body and 1002 -- high-pressure water and 1003 -- a high-pressure water feeder current way and 1004 -- jet -- a hole and 1005 are medial axes

[0051] drawing 6 -- jet -- it is the example of structure of the nozzle which formed the expansion cavernous section 1106 in the outlet of a hole 1105 The feature of this nozzle is in an operation of the vortex produced in the expansion cavernous section 1106. This operation can roughly be classified into two as follows.

[0052] (1) the circular vortex in the expansion cavernous section 1106 (vortex) -- jet -- apply pressure fluctuation strong against the jet immediately after blowing off from a hole 1105 This pressure fluctuation promotes excitation of a cavitation foam nucleus, and growth of a foam.

[0053] (2) the cellular nucleus which similarly floats around a jet by operation of a circular vortex -- the inside of the expansion cavernous section 1106 -- setting -- the upstream of a jet, i.e., jet, -- flow backwards to the outlet side of a hole 1105 Thus, a cellular nucleus is intermittently supplied into a jet as the so-called circumference nucleus (Ambient nuclei), and the cavitation generated in a jet becomes a remarkable active thing.

[0054] In addition, for a nozzle body and 1102, as for a high-pressure water feeder current way and 1104, in this drawing, high-pressure water and 1103 are [1101 / the path contraction section (extracting section) and 1107] medial axes.

[0055] Drawing 11 shows typically the distribution configuration of the impact pressure Psh generated from the jet over the mating-standoff distance (distance from the outlet of a nozzle) x of jet shaft orientations.

[0056] The distribution configuration of an impact pressure Psh is a serious characteristic thing which has two peaks so that clearly from this drawing.

[0057] jet of a nozzle -- the configuration of the first peak [1st] near a hole is keenly sharp, and is generated to the narrow field of the mating-standoff distance x the mechanism of this 1st peak manifestation -- jet -- it is in intermittent vibration of **** (core) in the jet immediately after spouting from a hole, and the interaction of the cavitation which carries out a manifold type to this and develops into it For the 2nd down-stream peak, the ranges of the mating-standoff distance x which is carrying out the loose hill configuration and corresponds are quite also latus.

[0058] This 2nd peak is produced by development of the eddy cavitation which grows within the turbulent flow shearing layer of a jet interface. Generally, since the collision energy of a jet distributes the field centering on the 2nd peak in case it collides with a processing side, processing of the portion of latus area is attained. Since there is distribution of energy, erosion-corrosion cannot happen to a processing side easily, and only the effect of a residual-stress improvement arises.

[0059] On the other hand, the 1st peak has a possibility of causing erosion-corrosion, in order that the collision energy of a jet may concentrate on a narrow portion. Therefore, in never being able to detach a nozzle but using the field of the 1st peak by construction of the narrow section etc., a nozzle is moved gradually or the device of lowering an injection pressure is needed.

[0060] Strongly in response to the fact that the influence of the circumference water pressure Pamb, the peak of these jet impact pressures moves depending on Pamb so that it may illustrate. That is, if the circumference water pressure Pamb increases, the mating-standoff distance x (2p) which is equivalent to both peaks, especially the 2nd peak important for peening construction as a solid line shows will shift to an upstream.

[0061] It is [0062] when the relation between the circumference water pressure Pamb (a gage and unit kgf/cm²) and the mating-standoff distance x (2p) of the 2nd peak is expressed.

$$\frac{X(2P)^*}{X(2P)^*} = e^{-0.37P_{amb}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

[0063] It is $x(2p)$ * here. It is got blocked under atmospheric pressure and the mating-standoff distance of the 2nd peak in under the shallow water surface is expressed.

[0064] In actual peening construction, only this peak point is chosen, and the method of positioning a nozzle precisely is not adopted, but as shown in drawing 11, it adopts the mating-standoff distance of the broad field which gets the 2nd peak mixed up.

[0065] This field is $P_{sh}(\text{Max})$, then $P_{sh} > 0.75 \times P_{sh}(\text{Max})$ about the maximum impact pressure in the 2nd peak. (4)

It is mostly equivalent to *****.

[0066] It will be [0067] if (3) formulas are corrected based on this so that $x(2p)$ may be expressed in the circumference range centering on this.

[Equation 3]

$$\frac{x(2P)}{x(2P)^*} = e^{-0.37 P_{amb}} \times (0.5 \sim 1.5) \quad \dots\dots\dots (5)$$

[0068] It becomes.

[0069] Therefore, what is necessary is for actual construction to estimate the circumference water pressure P_{amb} , and just to set up the mating-standoff distance between a nozzle and a processing side by it in the range with which are satisfied of the aforementioned (5) formula based on the density of the water for which it asks from depth of water and water temperature.

[0070] Drawing 8 and drawing 9 show a phenomenon when the circumference water pressure P_{amb} is as high as the low case. For 401, as for high-pressure water and 403, in these drawings, a nozzle and 402 are [a cavitation cloud and 404] eddy cavitation.

[0071] As the circumference water pressure P_{amb} shows a low case at drawing 8, the cavitation cloud 403 expands greatly. On the other hand, since a brittle foam crushes and disappears in underwater as shown in drawing 9 when the circumference water pressure P_{amb} is high, the cavitation cloud 403 is thinly short.

[0072] Thus, when the circumference water pressure P_{amb} is high, the whole cavitation contracts. The circumference water pressure P_{amb} affects the movement gestalt of a foam besides the disappearance behavior of a foam. Therefore, if the circumference water pressure P_{amb} is high, a flow resistance becomes large to movement of a foam, circumference underwater diffusion of a foam will be scarce and the breadth of cavitation will become small seemingly.

[0073] Drawing 10 is the property view having shown change of mating-standoff distance collectively by the 2nd peak in the impact-pressure distribution to circumference water pressure. the portion of the slash in drawing -- a peening construction field -- corresponding -- the difference in circumference water pressure -- an equivalent for the 2nd peak -- mating-standoff distance -- a piece -- a logarithm -- it changes almost in proportionality on a view

[0074] Depth of water and the technology which in other words starts this invention to which mating-standoff distance, an injection pressure, or injection collision time is changed according to circumference water pressure do not remain in the light water reactor construction which took up as an example so far and has been explained, but scopes are latus.

[0075] For example, it is directly applicable to digging of the base rock of the inside of seawater, or the lakeside insole section, **** construction, or cutting and washing construction of an underwater structural steelwork.

[0076] Furthermore, in underwater [of a dock], it is applicable to the affix washing work of a vessel pars basilaris ossis occipitalis, or peening construction of a weld zone. If a water jet peening is underwater performed not only like a vessel but like this invention, it is effective in the ability to prevent generating of a waterdrop droplet or RF noise.

[0077]

[Effect of the Invention] It is as follows when the effect by this invention is summarized.

[0078] (1) A water jet peening can be effectively carried out now. Since the residual stress of an

underwater body is improved by this, the dangerous potential of stress corrosion cracking (SCC) is removed by it, and fatigue strength improves further by it. Therefore, the structure reliability and endurance of an underwater body improve and a life can be expanded now.

[0079] (2) Since WJP construction of the part from which depth of water differs can be performed rationally, construction time can be shortened sharply. The construction cost of WJP can be reduced by this.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the ** type view showing the construction state of a water jet peening underwater [concerning the example of this invention].

[Drawing 2] It is the ** type view showing the construction state of the water jet peening under the depth of water of the light water reactor concerning the example of this invention.

[Drawing 3] It is the ** type view showing the construction state of the water jet peening under the depth of water of the light water reactor concerning the example of this invention.

[Drawing 4] It is the cross section showing an example of the nozzle structure used for the water jet peening of this invention.

[Drawing 5] It is the cross section showing other examples of the nozzle structure used for the water jet peening of this invention.

[Drawing 6] It is the cross section showing the example of further others of the nozzle structure used for the water jet peening of this invention.

[Drawing 7] It is explanatory drawing showing signs that the impact-pressure distribution configuration generated from an underwater water jet changes with circumference water pressure.

[Drawing 8] Circumference water pressure is the ** type view showing the relation between the circumference water pressure of a low case, and the situation of cavitation.

[Drawing 9] It is the ** type view showing the relation between circumference water pressure when circumference water pressure is high, and the situation of cavitation.

[Drawing 10] It is explanatory drawing in which change of mating-standoff distance was summarized by the 2nd peak in the impact-pressure distribution to circumference water pressure.

[Drawing 11] It is explanatory drawing which defines the hill field of an impact-pressure distribution centering on the position of the 2nd peak.

[Drawing 12] It is explanatory drawing showing the configuration of the impact-pressure distribution generated from the cavitation of an underwater water jet.

[Drawing 13] It is explanatory drawing showing the configuration of the impact-pressure distribution generated from the cavitation of an underwater water jet.

[Drawing 14] It is the ** type view showing the modality of the cavitation generated in an underwater water jet.

[Description of Notations]

1 Nozzle

2 High-Pressure Water

3 Cooling Water in Furnace

4 Underwater Water Jet Accompanied by Cavitation

5 Lower End Plate

6 Stub Tube

8 Weld Zone

9 Weld Zone

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION or AMENDMENT

[Official Gazette Type] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of patent law
 [Section partition] The 3rd partition of the 2nd section
 [Date of issue] March 31, Heisei 9 (1997)

[Publication No.] Publication number 7-328855
 [Date of Publication] December 19, Heisei 7 (1995)
 [**** format] Open patent official report 7-3289
 [Filing Number] Japanese Patent Application No. 6-127670
 [International Patent Classification (6th Edition)]

B23P 17/00
 B08B 3/10
 C21D 7/06

[FI]

B23P 17/00 A 8308-3C
 B08B 3/10 Z 2119-3B
 C21D 7/06 Z 9270-4K

[Procedure revision]
 [Filing Date] May 28, Heisei 8
 [Procedure amendment 1]
 [Document to be Amended] Specification
 [Item(s) to be Amended] Claim
 [Method of Amendment] Change
 [Proposed Amendment]
 [Claim(s)]

[Claim 1] In the water jet peening method make the underwater water jet accompanied by cavitation collide with an underwater body

The water jet peening method characterized by changing the distance to the field for construction of an underwater body from the cavitation jet nozzle which spouts the aforementioned underwater water jet according to the water pressure around the water jet.

[Claim 2] The water jet peening method characterized by between the aforementioned cavitation jet nozzle and the fields for construction being equivalent to the mating-standoff distance (slant range between a nozzle and a work) of a down-stream field, i.e., the field of the 2nd peak, in claim 1 publication from the next minimum point of the 1st peak in the impact-pressure distribution formed in the nozzle lower stream of a river concerned.

[Claim 3] The water jet peening method characterized by setting up the field which an impact pressure

generates on the level of at least 0.75 times or more of the maximum of the aforementioned jet impact pressure as the 2nd peak field in claim 2 publication.

[Claim 4] It sets to claim 2 publication and is the aforementioned mating-standoff distance x.

[Equation 1]

【 数 式 1 】

$$0.5 X(2P)e^{-0.37Pamb} < X < 1.5 X(2P)e^{-0.37Pamb}$$

式中 $Pamb$: 周囲水圧 (ゲージ圧, 単位 kgf/cm^2)

$X(2P)$: 大気圧下における第2ピークに相当する
スタンドオフ距離

The water jet peening method which is alike, is based and is characterized by setting up.

[Claim 5] The water jet peening method characterized by positioning the cavitation jet nozzle to the field for construction based on the relation of the depth of water and the mating-standoff distance to the 2nd peak field of the aforementioned jet impact-pressure distribution which measured the depth of water from the water surface of the aforementioned circumference water to a construction object, and were beforehand found in the claim 2 publication.

[Translation done.]